

УДК 535.2:616-71

С.О. Полуктов, студент гр.БП-71.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВПЛИВ ФАКТОРУ АНІЗОТРОПІЇ НА СВІТЛОРозСІЯННЯ ЕПІДЕРМІСОМ ПРИ ФОТОМЕТРІЇ ЕЛІПСОЇДАЛЬНИМИ РЕФЛЕКТОРАМИ

Анотація. У роботі представлені результати модельного дослідження впливу фактору анізотропії на світлорозсіювання епідермісом людини на довжині хвилі лазерного випромінювання 632.8 нм. Дослідження проводилися за допомогою програмного забезпечення для симуляції роботи фотометричної системи з дзеркальними еліпсоїдами обертанням на основі методу Монте-Карло з метою визначення оптичних властивостей біологічних тканин.

Ключові слова: фактор анізотропії розсіювання, еліпсоїдальний рефлектор, епідермі, фотометричне зображення.

ВСТУП

Біологічні тканини є сильно розсіювальними об'єктами, поширення світла через які може вважатися дифузним процесом. Шкіра людини є багатошаровою біологічною тканиною з сильними поглинальними властивостями [1]. Епідерміс – це верхній шар шкіри, максимальна товщина якого складає приблизно 73 мкм [2].

Спектри поглинання біологічних тканин визначаються наявністю пов'язаного подвійного зв'язку (хромофорів шкіри) та вмістом в тканині води. Оптичне випромінювання, поширюючись через шкіру, спочатку проходить шар епідермісу, де найбільший коефіцієнт поглинання має меланін. Тому оптичні властивості епідермісу вважаються тотожними властивостям меланіну, що важливо при виявленні новоутворень. Окрім поглинання, тканина шкіри характеризується значним світлорозсіюванням, оскільки складається з великого числа випадково розподілених в об'ємі розсіювальних центрів [3]. Важливою властивістю світлорозсіювання тканини є анізотропія, яка визначається величиною фактору анізотропії розсіювання g – середній косинус кута розсіювання в фазовій функції Хені-Грінштайна.

МЕТА РОБОТИ

Дослідити залежність зміни оптичних параметрів епідермісу від величини фактору анізотропії розсіювання при фотометрії еліпсоїдальними рефлекторами на довжині хвилі 632.8 нм.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Використання фотометричних засобів з дзеркальними еліпсоїдами обертання для дослідження розсіювальних властивостей біологічних тканин є можливим і доцільним при оптичній біомедичній діагностиці [2, 4]. Тому для дослідження процесів світлорозсіювання епідермісом обране програмне забезпечення «BT_mod», яке моделює роботу біомедичного фотометру з еліпсоїдальними рефлекторами [2, 5]. Симуляція при цьому включає запуск 20 млн фотонів у лазерному пучку діаметром 1.4 мм.

Епідерміс людини для довжини хвилі 632.8 нм має такі оптичні властивості: коефіцієнти розсіювання $\mu_s=45 \text{ см}^{-1}$ та поглинання $\mu_a=0.15 \text{ см}^{-1}$,

показник заломлення $n=1.34$ [2, 6] і фактор анізотропії розсіяння g , який може змінюватись у діапазоні від 0.79 до 0.89 [6].

Моделювання здійснено для трьох зразків епідермісу товщиною 3.5 мкм, 38 мкм та 72.6 мкм, які характеризують різні місця розташування ділянки шкіри на тілі людини. У результаті отримані фотометричні зображення другої фокальної площини верхнього та нижнього еліпсоїдального рефлектора (рис.1).

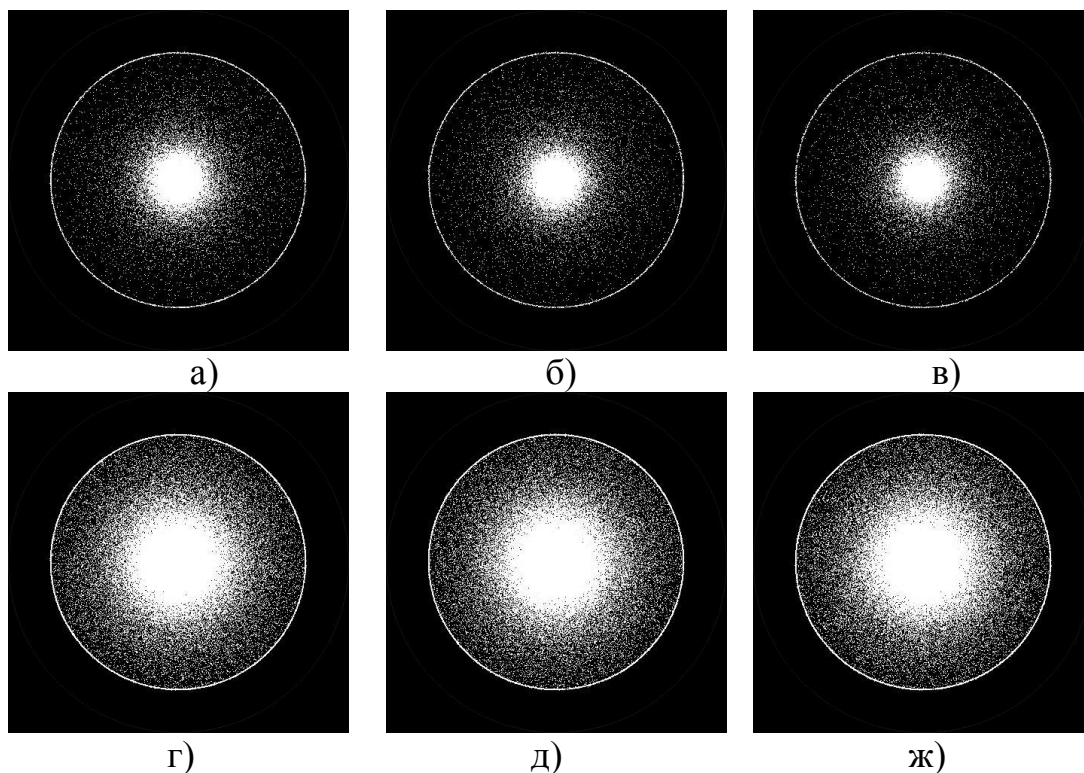


Рисунок 1. Фотометричні зображення другої фокальної площини верхнього та нижнього рефлектора для величин фактору анізотропії 0.79 (а, г), 0.84 (б, д); 0.89 (в, ж) відповідно для зразка епідермісу товщиною 38 мкм

Числовими результатами моделювання є наступні оптичні параметри: коефіцієнти дзеркального R_s і дифузного R_d відбиття, коефіцієнт поглинання A та коефіцієнт пропускання T (рис 2 – рис. 4).

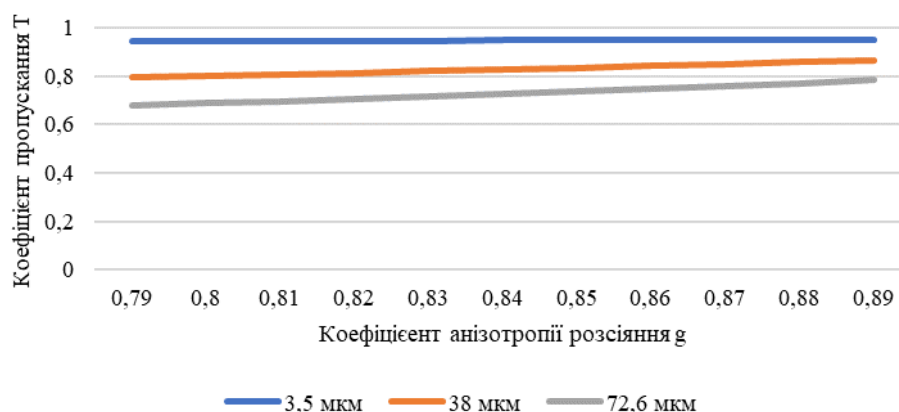


Рисунок 2. Залежність коефіцієнта пропускання T від величини фактору анізотропії розсіяння для зразків епідермісу товщиною 3.5 мкм, 38 мкм та 72.6 мкм

Коефіцієнт пропускання T характеризує кількість випромінювання, що пройшло крізь тканину. З рис. 2 видно, що коефіцієнт пропускання при зміні фактору анізотропії розсіяння тканини для товщини 3.5 мкм сталий ($\pm 1\%$), а для зразків 38 мкм і 72.6 мкм плінно зростає. Чим менша товщина зразка, тим менший кут нахилу зростання прямої.

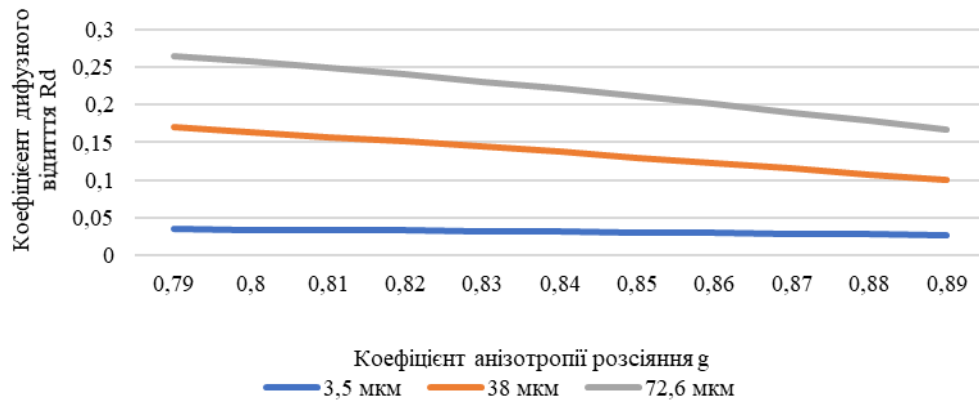


Рисунок 3. Залежність коефіцієнта дифузного відбиття R_d від величини фактору анізотропії розсіяння для зразків епідермісу товщиною 3.5 мкм, 38 мкм та 72.6 мкм

Коефіцієнт дифузного відбиття R_d характеризує здатність оптично мутного біологічного середовища (епідермісу) дифузно розсіювати падаюче на нього випромінювання. Коефіцієнт дифузного відбиття R_d при зростанні фактору анізотропії g для всіх товщини зразків 3.5 мкм, 38 мкм і 72.6 мкм плінно спадає. Аналізуючи рис. 3 можна помітити, що чим більша товщина зразка, тим більший кут нахилу прямої.

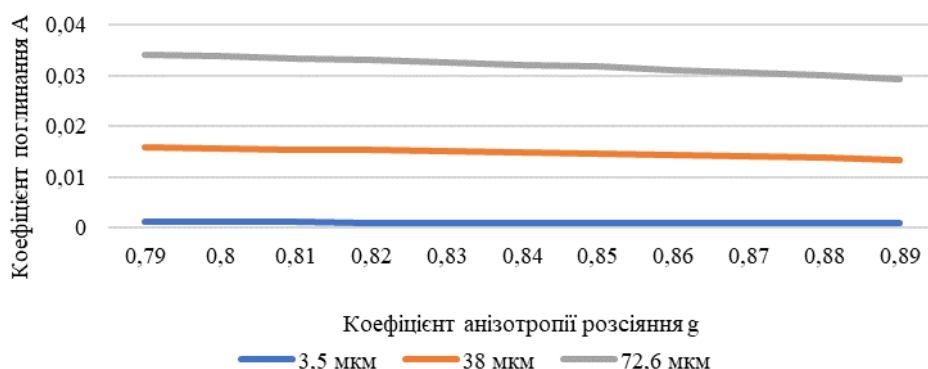


Рисунок 4. Залежність коефіцієнта поглинання A від величини фактору анізотропії розсіяння для зразків епідермісу товщиною 3.5 мкм, 38 мкм та 72.6 мкм

Коефіцієнт поглинання A характеризує здатність тканини поглинати падаюче на неї випромінювання оптичного діапазону. При зміні фактору анізотропії g , коефіцієнт поглинання A плінно зменшується для товщини зразків 3.5 мкм, 38 мкм і 72.6 мкм. Чим менше товщина зразка, тим менше кут нахилу прямої.

Отриманні у ході модельного експерименту коефіцієнти залежать від довжини хвилі та показують характеристичну залежність процесів

світлорозсіяння епідермісом при фотометрії еліпсоїдальними рефлекторами. Представлені значення доволі вдало корелюють с аналогічними оптичними параметрами інших біологічних середовищ [1 – 3, 6] і тому можуть вважатись прийнятними для подальшого аналізу.

ВИСНОВОК

У даній роботі було здійснено моделювання поширення оптичного випромінювання у фотометричній системі з еліпсоїдальними рефлекторами для трьох зразків епідермісу різної товщини. У ході симуляції були отримані фотометричні зображення другої фокальної площини верхнього та нижнього еліпсоїдального рефлектора при зміні фактору анізотропії та сталих оптичних властивостях тканини (коефіцієнтів розсіяння та поглинання, а також показника заломлення). У подальшому планується дослідження залежності рівня освітленості у фотометричних зображеннях від величини фактору анізотропії розсіяння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Королевич А.Н., Олейник Е.В., Севковский Я.И., Хайруллина А.Я. Особенности спектра диффузного отражения и пропускания нормальных и опухолевых тканей // Журнал прикладной спектроскопии. - 1993. - Т. 58. - 5-6. - С. 555-559.
- [2] Еліпсоїдальні рефлектори для фотометрії світлорозсіяння біологічними середовищами: монографія / М.О. Безуглий, Н.В. Безугла. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. – 308 с.
- [3] Пилипенко Е.А. Отражательная и флуоресцентная спектроскопия кожи человека in vivo: - Саратов: СГУ, 1998.
- [4] M.A. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, A.V. Ventsuryk, and K.P. Vonsevyich, "Angular Photometry of Biological Tissue by Ellipsoidal Reflector Method", Devices and Methods of Measurements, vol.10, no. 2, pp. 160 – 168, 2019.
- [5] M.A. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, and D.V. Horban, "Determination the tissue anisotropy factor during the photometry by ellipsoidal reflectors", KPI Science News, no. 4, pp. 1 – 9, 2019..
- [6] Тучин В.В., Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях, - Саратов.-1998.-с.20-22.

Науковий керівник – д.т.н., доцент Безуглий М.О.